

ՀՏԴ 621.762, 620.10

ՄԵՔԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ.Ա. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ա.Ա. ԲԱԲԱՅԱՆ

ԵՐԿՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՇԵՐՏԻ ԳԼՈՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ԾՐԱԳՐԱՎՈՐՄԱՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Համակարգչային մոդելավորմամբ և վերլուծական մեթոդով կատարվել է ուղղանկյուն հատույթով կենտրոնական եռակալված պողպատյա և եզրային ալյումինե մասերով երկմետաղական շերտի զլոցման գործընթացի հետազոտում մեծ պլաստիկ դեֆորմացիաների դեպքում:

Ավտոմատացված ծրագրային միջավայրում մոդելավորմամբ ստացվել են երկմետաղական շերտի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների բաշխման գոտիները, ինչպես նաև որոշվել են շերտի՝ գրտնակների հետ հպակային չորս կետերում, զլոցման գոտի մտնելիս և գոտուց դուրս գալիս, վեցական հանգույցներում շոշափող, երկայնական, լայնական և միջին լարումների, հպակային նորմալ ճնշման, համարժեքային լարումների ու դեֆորմացիաների և ընթացիկ ծակոտկենության արժեքները: Ստացված աղյուսակներին և գրաֆիկներին համապատասխան՝ որոշվել են շերտի նշված կետերում և հանգույցներում նյութի ծակոտկենության փոփոխված արժեքները: Թվային հաշվարկները կատարվել են MS EXEL ծրագրային միջավայրում երկմետաղական շերտի միջանկյալ մասի պողպատյա նյութի սկզբնական ծակոտկենության 20%-ի դեպքում, և ստացված արդյունքները համեմատվել են համակարգչային մոդելավորման տվյալների հետ:

Առանցքային բառեր. երկմետաղական շերտ, զլոցում, եռակալված նյութ, ծակոտկենություն, լարվածադեֆորմացիոն վիճակ, համակարգչային մոդելավորում, վերլուծական մեթոդ:

Ներածություն: Մետաղական նյութերից հարթ թերթերի ճնշման մշակումը ամենաբարդ գործընթացներից է, երբ սարքավորումների տեխնիկական բնութագրերի ճիշտ ընտրության, ինչպես նաև բարձր շահագործողական և ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով արտադրանքների ստացման նոր տեխնոլոգիաների մշակման համար անհրաժեշտ է վերլուծական մեթոդով [1] և համակարգչային մոդելավորմամբ հետազոտել դեֆորմացվող նմուշների լարվածադեֆորմացված վիճակները մեծ պլաստիկ դեֆորմացիաների դեպքերում:

[2] – ում վերլուծական մեթոդով հիմնավորված է հոծ նյութից հարթ շերտի զլոցման գոտու շրջանագծային եզրի բազմաթիվ շոշափողներով մոդելավորման գործընթացը: Գլոցման գործընթացի՝ հետ մնացած և առաջ անցած գոտիների համար ստացվում են խնդրի լուծման հավասարումների համակարգերը: Թվային հաշվարկների հիման վրա որոշվել են ուղղանկյուն հատույթով նմուշի լարվա-

ծաղեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների չափագուրկ մեծությունների (առանցքային լարման և հպակային մակերևույթների ճնշման) տվյալները:

Եռակալված (ծակոտկեն) նյութից [3] թերթի զլոցմամբ ստացման գործընթացի խնդիրն ավելի բարդ է՝ նյութում առկա ծակոտկենության պատճառով: Դրանով է պայմանավորված ծակոտկեն նյութերից տարրերի զլոցման և մամլման դեպքում այդ հիմնահարցի ոչ բավարար լուսաբանումը գրականության մեջ:

Նշենք նաև, որ եռակալված նյութերի պլաստիկ դեֆորմացման հիմնական խնդիրները նախկինում լուծվել են ավելի ճշգրիտ և բարդ ծակոտկեն նյութերի հոսունության տեսությամբ, ինչը սահմանափակում է դրանց արդյունքների գործնական կիրառությունը: 2008թ.-ից սկսած՝ հետազոտությունները կատարվել են ավելի պարզ ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսությամբ (ՄՆՊՂՏ), որի հիման վրա մշակվել է տեխնոլոգիական խնդիրների լուծման ճարտարագիտական համակցման մեթոդը, և լուծվել են մի շարք խնդիրներ: Ընդ որում, ՄՆՊՂՏ-ն հիմնականում կիրառվել է աշխատանք [4]-ում, որում, կատարելով համարժեքային լարումն ու դեֆորմացիայի մոտարկում, որոշվել են դեֆորմացված նախապատրաստվածքների նյութի ծակոտկենության արժեքները:

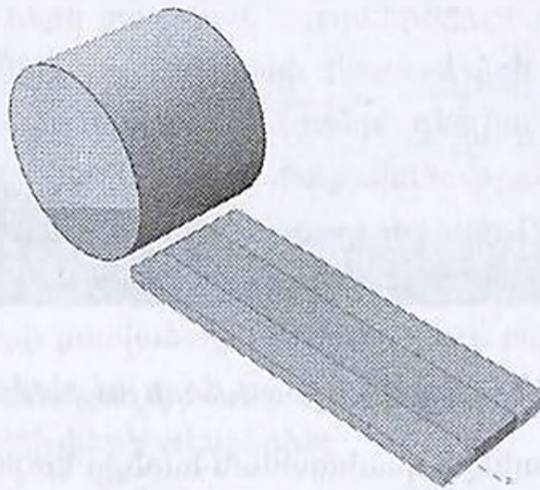
Ինչ վերաբերում է համակարգչային մոդելավորմամբ հետազոտություններին, ապա դրանք նույնպես հիմնականում կատարվել են հոծ նյութերի դեպքում, մասնավորապես [5]-ում բերված են հոծ շերտի զլոցման գործընթացի ABAQUS ԱԾԱ մոդելավորմամբ ստացված Միզեսի և շոշափող լարման տվյալները՝ դրանց բաշխման գոտիների տեսքով: Ուստի երկմետաղական եռակալված նյութից շերտի զլոցման գործընթացի հետազոտումն արդիական է:

Աշխատանքի նպատակն է եռակալված պողպատյա միջուկով երկմետաղական ուղղանկյուն հատույթով շերտի զլոցման գործընթացի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը հետազոտել համակարգչային ավտոմատացված ABAQUS ծրագրային միջավայրում մոդելավորմամբ և վերլուծական ճարտարագիտական համակցման մեթոդի կիրառմամբ՝ օգտագործելով է ՄՆՊՂՏ հավասարումները:

1. Երեք մասից կազմված երկմետաղական շերտի զլոցման գործընթացի (նկ. 1) ABAQUS ծրագրային միջավայրում մոդելավորման սկզբնական տվյալները. շերտի միջանկյալ մասի նյութը 20% ($\nu_0 = 0,2$) սկզբնական ծակոտկենությամբ եռակալված պողպատ է, իսկ մյուս երկուսինը՝ հոծ ալյումին, որոնց նյութերի դեֆորմացման գրաֆիկների փոքր դեֆորմացիաների դեպքում տվյալները ներկայացված են ստորև.

Պողպատ 45		Ալյումին	
$\sigma_{eq}, \text{ՄՊա}$	ε_{eq}	$\sigma_{eq}, \text{ՄՊա}$	ε_{eq}
370	0	50	0
650	0,05	75	0,05
750	0,10	90	0,10
780	0,15	100	0,15
800	0,20	110	0,20

Վերջավոր տարրերի բաժանման տվյալները, հանգույցների ընդհանուր քանակը՝ 7078, տարրերի ընդհանուր քանակը՝ 5770, որոնցից 1254-ը քառակողմ R3D4, 16-ը եռակողմ R3D3 և 4500-ը վեցակողմ C3D8R տարրեր են:

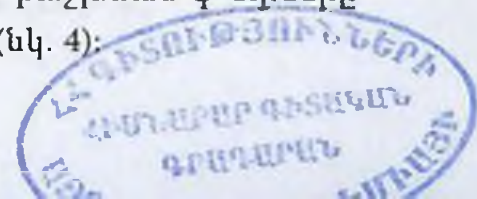


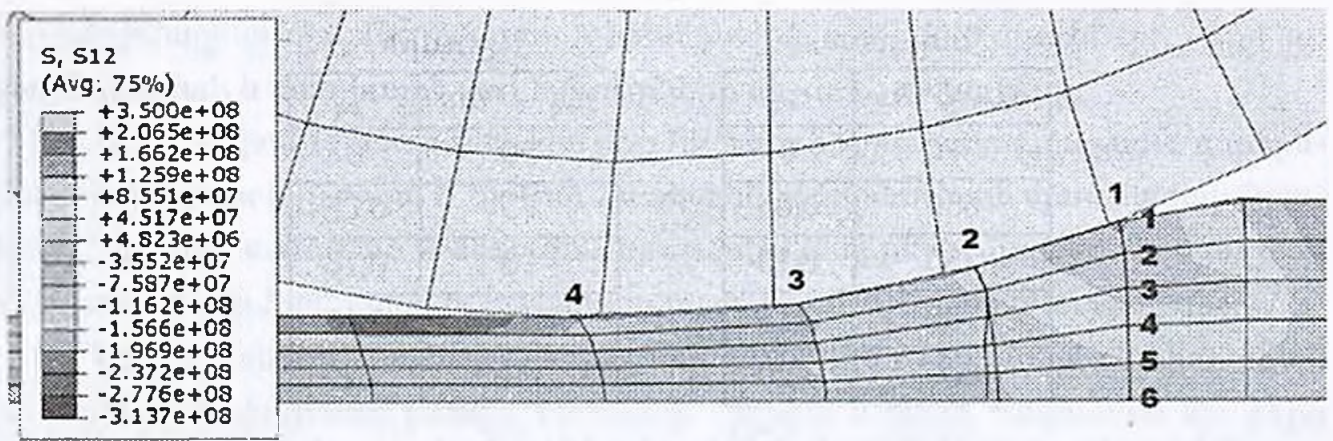
Նկ. 1. Երկմետաղական շերտի զլոցման մոդելը

Շերտի զլոցման գործընթացի մոդելավորման չափերն են. գրտնակների տրամագիծը՝ $D = 50$ մմ, երկմետաղական շերտի սկզբնական հաստությունը՝ $h_0 = 3,5$ մմ, դեֆորմացված շերտինը՝ $h = 1,5$ մմ, ընդհանուր լայնությունը՝ 70 մմ, որից 30 մմ պողպատյա մասն է, իսկ ալյումինի շերտերը՝ 20-ական մմ:

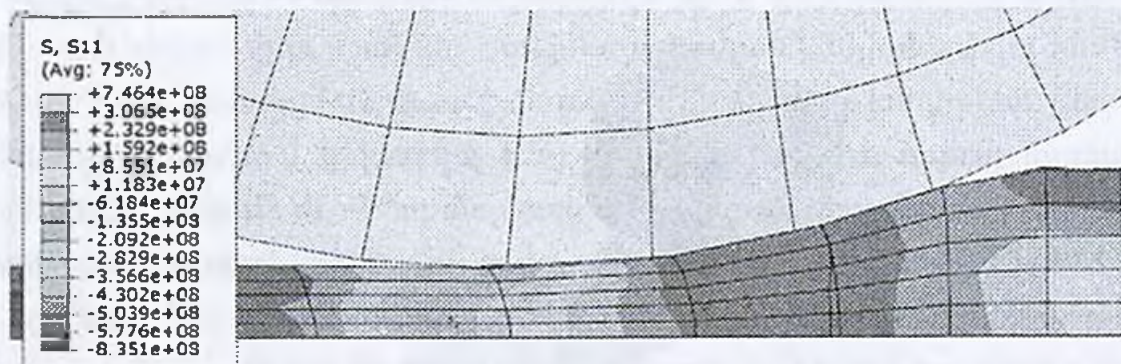
Նկ. 2-5 – ում բերված են երկմետաղական շերտի զլոցման դեպքում պողպատ 45 նյութից միջին մասի մոդելավորմամբ ստացված լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների՝ S12 շոշափող, S11 երկայնական (x առանցքի ուղղությամբ), S33 լայնական նորմալ լարումների և S22 հպակային նորմալ ճնշման բաշխման գոտիները:

S12 շերտի շոշափող լարման բաշխման արդյունքները (նկ. 2) ցույց են տալիս, որ դրանց նշանը 1 կետից դեպի 4 - ը դրականից փոխվում է բացասականի, ինչը համընկնում է [1] – ի տվյալներին: S11 երկմետաղական շերտի պողպատյա մասի երկայնական լարումները (նկ. 3) հիմնականում դրական են՝ բացառությամբ հպակային 4 կետի (նկ. 2): S22 հպակային նորմալ ճնշման բաշխման գոտիները ամբողջապես բացասական են 388...541 ՄՊա արժեքներով (նկ. 4):



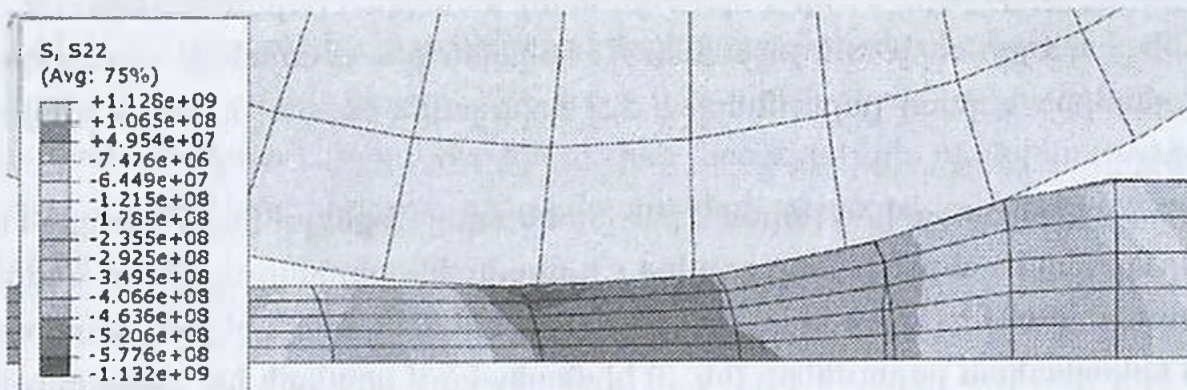


Նկ. 2. Շերտի շոշափող լարումների բաշխման գոտիների տվյալները. նշված են գրտնակի հետ հպակային 1- 4 և շերտի տարրերի բաժանված հանգույցների 1-6 կետերը

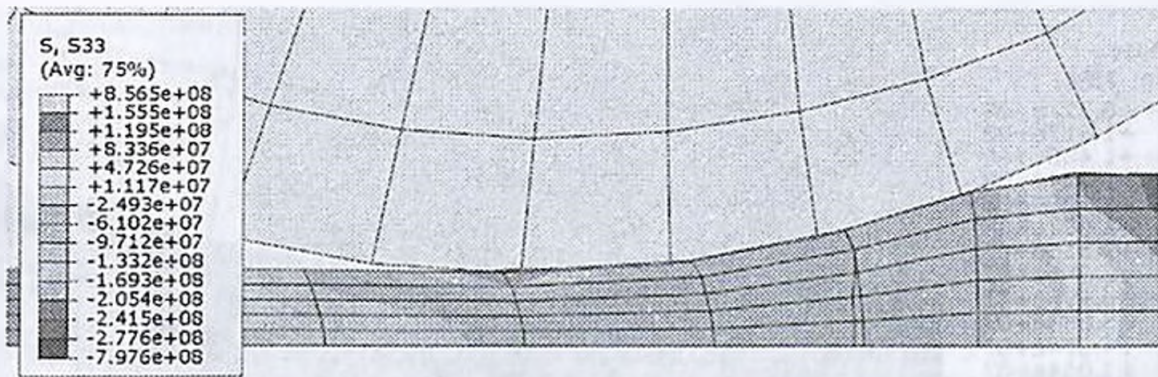


Նկ. 3. Շերտի երկայնական լարումների բաշխման գոտիները

Նշենք, որ այդ տվյալների գնահատման համար նույն չափերով և դեֆորմացման աստիճանով շերտը մոդելավորվել է՝ ընդունելով, որ այն ամբողջապես պողպատյա է: Ստացված լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների արդյունքներից բերենք միայն S22 հպակային նորմալ ճնշման տվյալները: Դրանք նույնպես բացասական են ավելի մեծ արժեքներով՝ 472...629 ՄՊա, ինչը բացատրվում է նույն դեֆորմացիայի պայմաններում շերտի ամբողջ նյութի (պողպատյա) ավելի ամուր լինելով: Ինչ վերաբերում է S33 – լայնական նորմալ լարումների բաշխվածությանը (նկ. 5), ապա դրանք բացասական են, բայց փոքր արժեքներով:

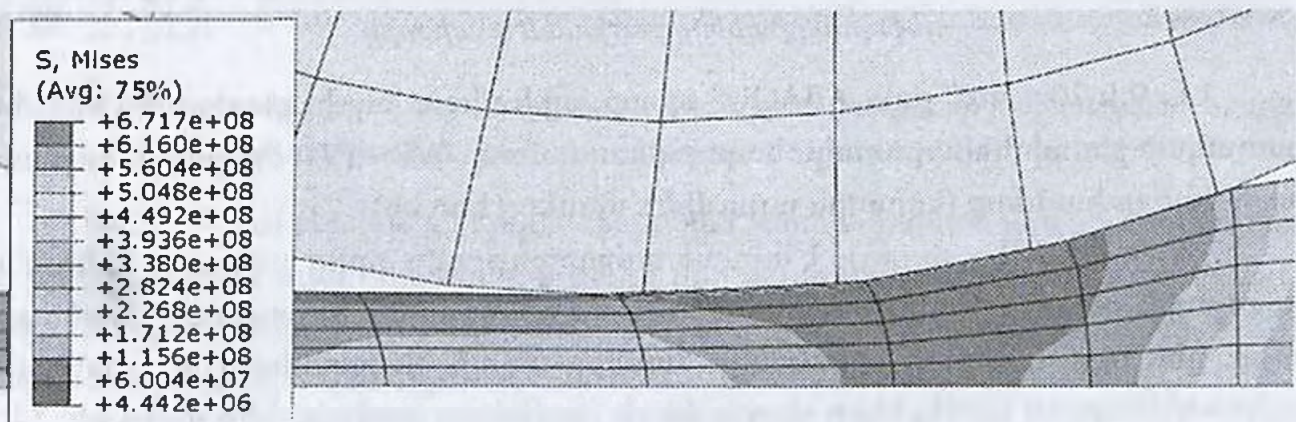


Նկ. 4. Շերտի հպակային նորմալ ճնշման բաշխման գոտիները

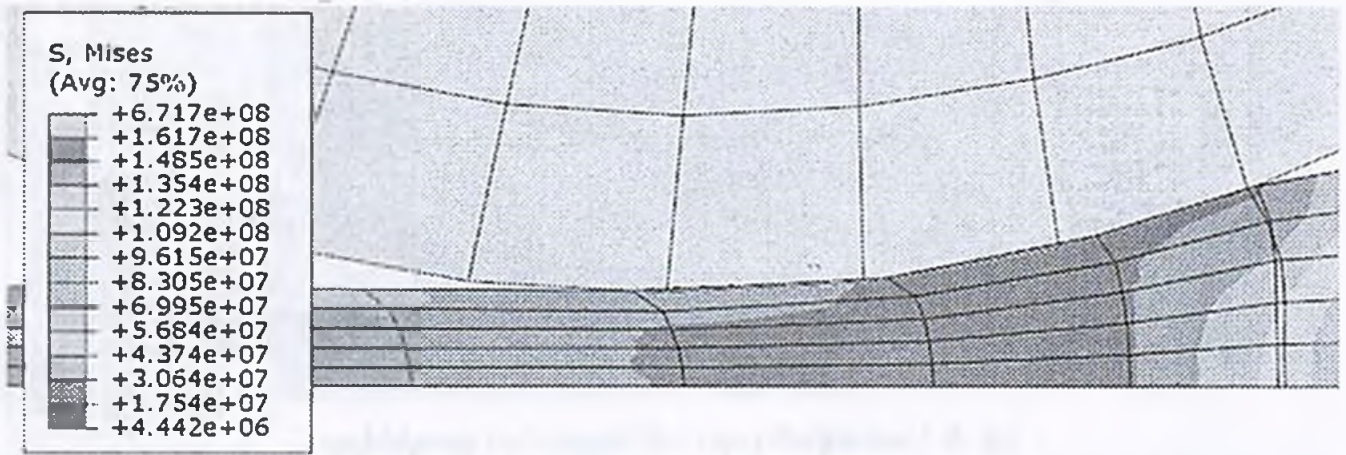


Նկ. 5. Հայնական լարման բաշխման գոտիները

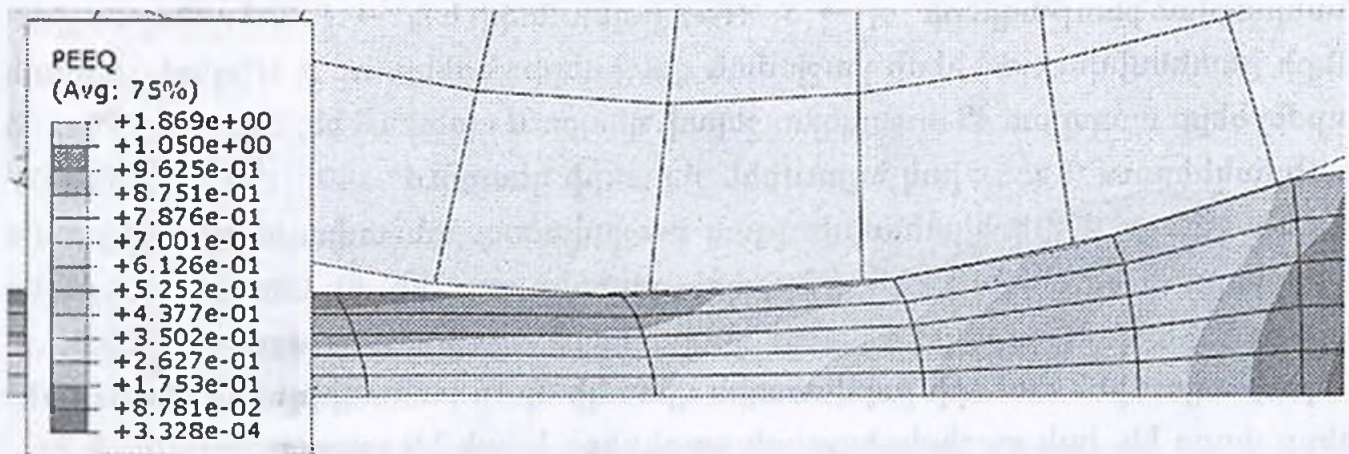
Նկ. 6-8 – ում ցույց են տրված շերտի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ընդհանրացված բնութագրերի՝ $\sigma_i \rightarrow S, Mises$ լարումների և $\varepsilon_i \rightarrow PEEQ$ դեֆորմացիաների ինտենսիվությունների բաշխման գոտիները: Նշենք, որ σ_i Միգեսի լարման արժեքները պողպատ 45 միջանկյալ շերտի դեպքում գտնվում են 530...630 ՄՊա - ի սահմաններում (նկ. 6), իսկ ալյումինե շերտերի դեպքում՝ 140...150 ՄՊա (նկ. 7): ε_i դեֆորմացիաների ինտենսիվության բաշխվածության տվյալները աջից ձախ նկարագրում են ամբողջ դեֆորմացման գործընթացը (նկ. 8): Ընդ որում, դրանք նույնն են երկմետաղական շերտի պողպատյա և ալյումինե մասերի դեպքում: Շերտի ալյումինե մասերի լարվածային վիճակի մյուս բաղադրիչների մեծությունները փոքր են, իսկ բաշխվածության գոտիները նման են պողպատյա մասի համապատասխան բաղադրիչների տեսքերին:



Նկ. 6. Պողպատ 45 նյութից շերտի Միգեսի լարումների բաշխման գոտիները



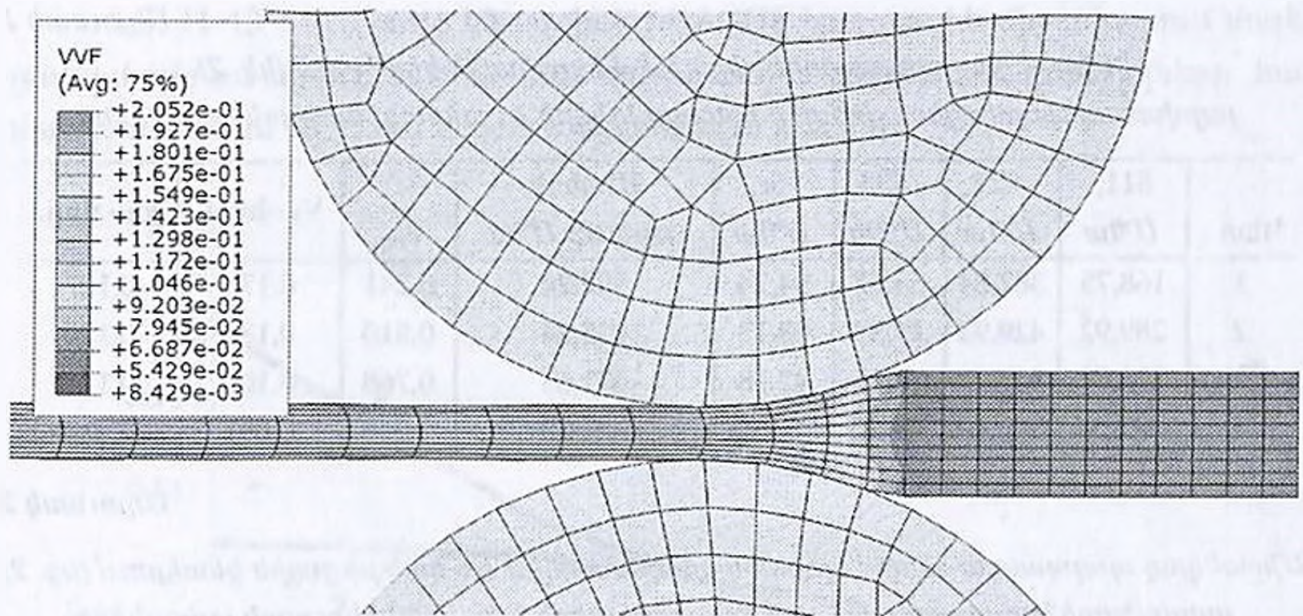
Նկ. 7. Այլումինե նյութից շերտերի Միզենսի լարումների բաշխման գոտիները



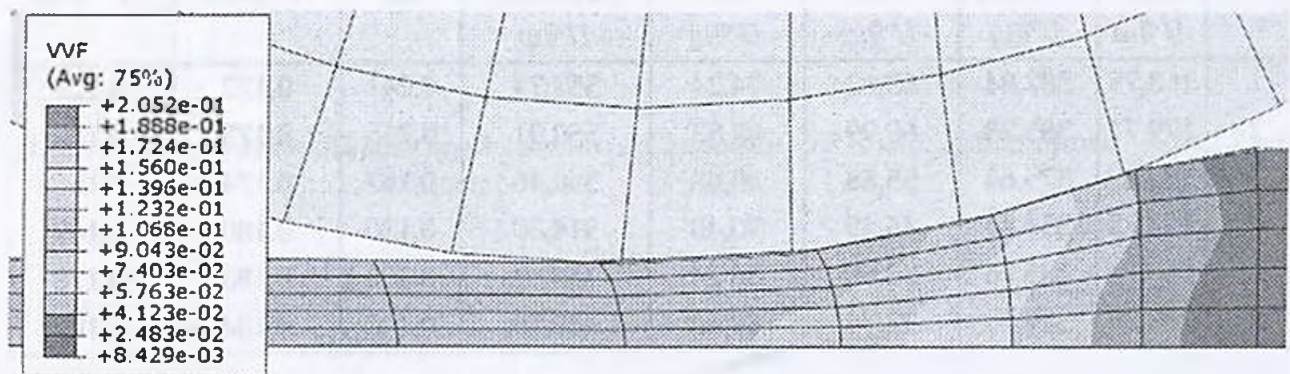
Նկ. 8. Երկմետաղական շերտի պողպատյա և ալյումինե մասերի համարժեքային դեֆորմացիաների բաշխման գոտիները

Նկ. 9 և 10 – ում, ըստ ABAQUS ծրագրային միջավայրի, բերված են երկմետաղական շերտի կենտրոնական պողպատյա մասի WF – (V_h) ծակոտկենության բաշխման տվյալները (եզրային ալյումինե մասերը հոծ են):

Նկ. 9 – ում շերտը ցույց է տրված ամբողջությամբ, որից ակնառու երևում է հպակային գոտում շերտի ծակոտկենության անհավասարաչափ բաշխվածությունը, ընդ որում՝ շերտի հպակային մասերը ավելի են խտանում, և դրանցում ծակոտկենության արժեքները միջին մասի համեմատ բավականին փոքր են: Նկ. 10 – ը խոշորացված է, և դրա օգտագործմամբ հաշվարկվել են ծակոտկենության V_h մեծությունները (աղ. 1-3):



Նկ. 9. Շերտի ծակոտկենության բաշխման ակնառու պատկերը՝ ըստ ABAQUS ծրագրային միջավայրի



Նկ. 10. Շերտի բարձրության կես մասի ծակոտկենության գոտիների խոշորացված տեսքը, ըստ որի հաշվարկվել են ծակոտկենության V_h արժեքները (աղ. 1-3)

Աղ. 1-3 – ում բերված են երկմետաղական շերտի զլոցման դեպքում պողպատ 45 նյութից միջին մասի համակարգչային մոդելավորմամբ ստացված լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների տվյալները՝ համապատասխան նկ. 3-ում նշված հանգուցային կետերի:

Աղյուսակ 1

Միջանկյալ պողպատյա շերտի 1-4 հպակային կետերում (նկ. 2)
լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների և ծակոտկենության տվյալները

Կետ	S11, ՄՊա	- S22, ՄՊա	- S33, ՄՊա	-S ₀ , ՄՊա	Միզեսի լարումը, ՄՊա	ε_{eq}	V _h – համ.	V _q – վեր.
1	168,75	387,84	63,62	94,24	552,24	0,241	0,176	0,127
2	289,92	429,93	19,39	53,13	635,24	0,510	0,133	0,124
3	328,89	442,47	14,15	42,58	671,65	0,768	0,105	0,114
4	-173,36	540,88	204,47	306,23	623,80	0,940	0,091	-

Աղյուսակ 2

Միջանկյալ պողպատյա շերտի զլոցման գոտի մտնելիս 1-6 հանգուցային կետերում (նկ. 2)
լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների և ծակոտկենության տվյալները

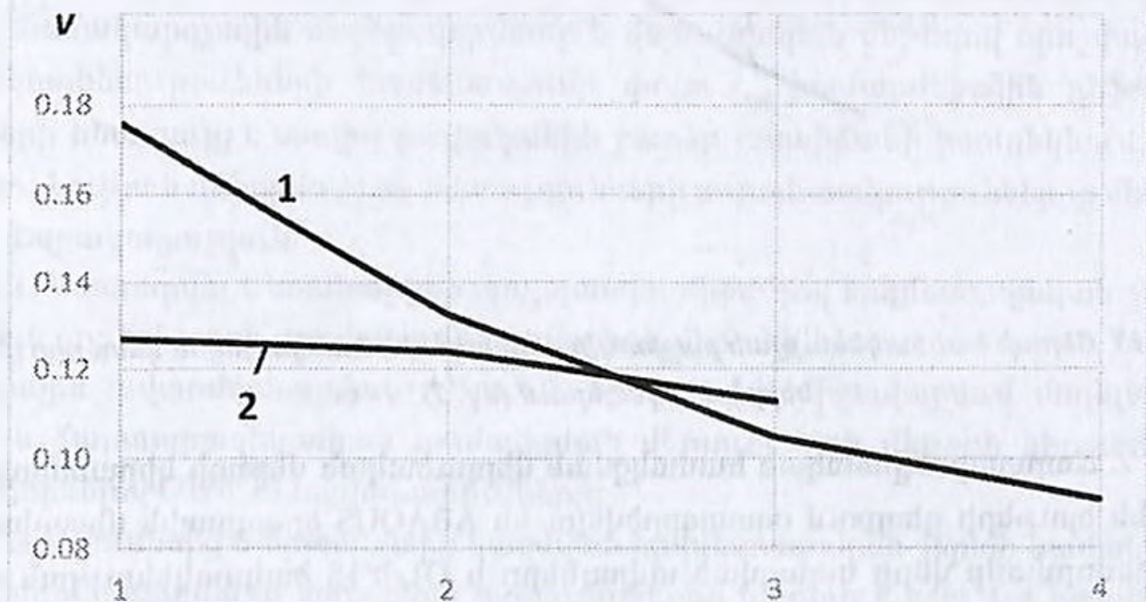
Կետ	S11, ՄՊա	- S22, ՄՊա	- S33, ՄՊա	-S ₀ , ՄՊա	Միզեսի լարումը, ՄՊա	ε_{eq}	V _h – համ.	V _q – վեր.
1	168,75	387,84	63,62	94,24	552,24	0,241	0,172	0,127
2	179,72	385,23	60,99	88,83	550,91	0,215	0,173	0,139
3	189,49	375,64	55,88	80,68	540,46	0,167	0,174	0,156
4	193,73	358,44	46,49	70,40	514,30	0,130	0,180	0,169
5	203,74	338,76	33,69	56,24	483,52	0,108	0,183	0,178
6	208,29	329,30	27,79	49,60	469,79	0,100	0,184	0,182

Աղյուսակ 3

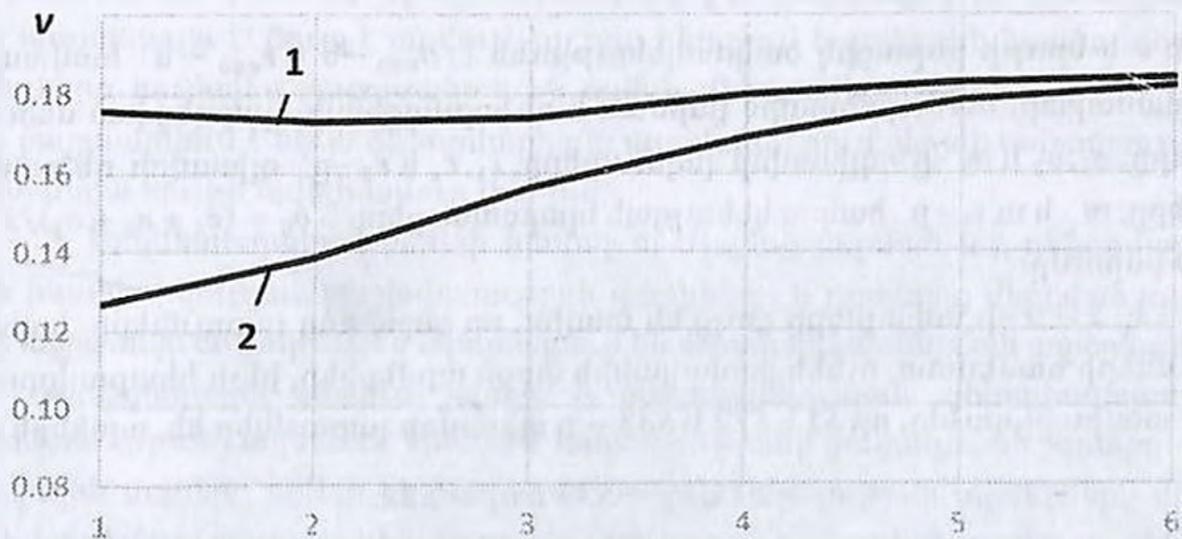
Պողպատյա շերտի զլոցման գոտուց դուրս գալիս 4 հպակային հանգուցային կետերից
դեպի ներքև՝ 1-6 կետերում (նկ. 2) լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների և
ծակոտկենության տվյալները

Կետ	S11, ՄՊա	- S22, ՄՊա	- S33, ՄՊա	-S ₀ , ՄՊա	Միզեսի լարումը, ՄՊա	ε_{eq}	V _h – համ.	V _q – վեր.
1	-173,36	540,88	204,47	306,24	623,80	0,940	0,091	-
2	-139,54	515,13	150,96	268,54	596,04	0,911	0,096	-
3	-62,85	478,80	77,46	206,37	560,46	0,862	0,105	-
4	-11,71	458,07	38,59	169,46	545,07	0,826	0,109	-
5	1,84	445,47	14,54	152,72	526,29	0,802	0,113	-
6	7,11	443,02	9,38	148,43	515,10	0,794	0,114	-

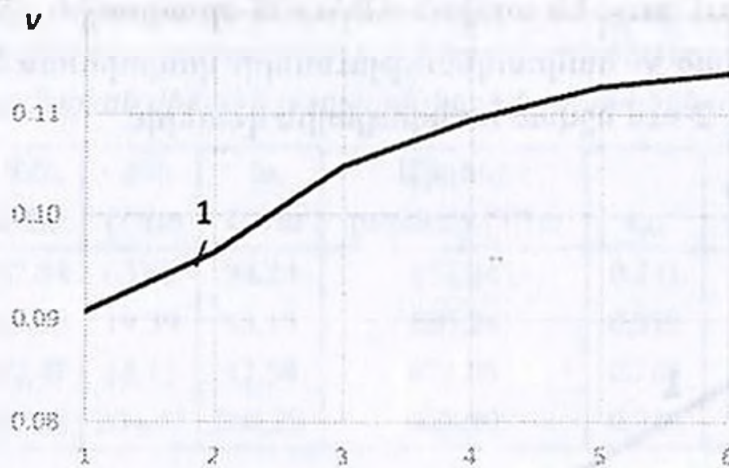
Նկ. 11-13 – ում ցույց են տրված ABAQUS ծրագրային միջավայրում մոդելավորմամբ ստացված ν_h ծակոտկենությունների փոփոխման գրաֆիկները՝ համապատասխան նկ. 2-ում նշված հանգուցային կետերի:



Նկ. 11. Շերտի ծակոտկենության բաշխումը հպակային 1-4 (նկ. 2) կետերում՝ 1- ν_h , 2- ν_v



Նկ. 12. Շերտի ծակոտկենության բաշխումը զլոցման զոտի մտնելիս 1-6 հանգուցային կետերում (նկ. 2)՝ 1- ν_h , 2- ν_v



Նկ. 13. Շերտի ծակոտկենության բաշխումը 4 հպակային հանգուցային կետերից դեպի ներքև 1-6 կետերում (նկ. 2)՝ 1- ν_n

2. Ճարտարագիտական համակցման վերլուծական մեթոդի կիրառմամբ ծակոտկեն նյութերի դեպքում օգտագործվելու են ABAQUS ծրագրային միջավայրում մոդելավորմամբ վերը ստացված տվյալները և ՄՆՊՐՏ ծակոտկենության որոշման հետևյալ բանաձևը [3].

$$\nu = 1 - (1 - \nu_0) \exp \left(- \frac{9\nu_0^m \sigma_0 \varepsilon_{eq0}}{(1 - \nu_0)^{3n} \sigma_{eq0}} \right), \quad (1)$$

որտեղ ν -ն նյութի ընթացիկ ծակոտկենությունն է, σ_{eq0} -ն և ε_{eq0} - ն՝ համապատասխանաբար, համարժեքային լարման և դեֆորմացիայի պարզեցված մեծությունները, σ_1, σ_2 և σ_3 -ը՝ գլխավոր լարումները, $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ և ε_3 -ը՝ գլխավոր դեֆորմացիաները, m - ն ու n - ը՝ ծակոտկենության պարամետրերը և $\sigma_0 = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$ -ը՝ միջին լարումը:

Նկ. 2 – 5 –ի տվյալները ցույց են տալիս, որ շոշափող լարումները, նորմալ լարումների համեմատ, ունեն բավականին փոքր արժեքներ, ինչը հնարավորություն է տալիս ընդունել, որ S_{11}, S_{22} և S_{33} – ը գլխավոր լարումներ են, այսինքն՝

$$\sigma_1 = S_{11}, \sigma_2 = S_{33} \text{ և } \sigma_3 = S_{22}: \quad (2)$$

Կատարվել է շերտի հպակային գոտու վերը նշված կետերում (նկ. 2) ՄՆՊՐՏ (1) բանաձևով նյութի ընթացիկ ծակոտկենության վերլուծական մեթոդով (ν_q) հաշվարկ, երբ $\nu_0 = 0,2$, $m = 1$, $n = 0,25$ [3]: Դրանց տվյալները բերված են աղ.1-2-ում:

Նշենք, որ (1) բանաձևի համաձայն՝ ընթացիկ ν_q ծակոտկենության վրա ազդող հիմնական գործոններն են ε_{eq} համարժեքային դեֆորմացիայի արժեքը, ինչպես նաև σ_0 միջին լարման մեծությունը և նշանը: Ընդ որում, σ_0 - ի արժեքի դեպքում նյութը խտանում է, այսինքն՝ դրա ծակոտկենությունը փոքրանում է: Ինչ վերաբերում է ε_{eq} - ի մեծությանը, ապա այն կարող է լինել տարբեր: (1) բանաձևով

կարելի է որոշել այն ε_{eq} - ը, որի դեպքում ծակոտկենությունը կդառնա զրո: ε_{eq} - ից մեծ արժեքների դեպքում (1) բանաձևի տվյալները կլինեն բացասական, և դրանց օգտագործումն անիմաստ է: Ուստի աղ. 1 և 3 – ի v_4 – ի սյունակում դրված է զծիկ, ինչպես նաև նկ. 11 և 13 – ում բացակայում են v_4 – ի համապատասխան տվյալները:

Համակարգչային մոդելավորմամբ և վերլուծական մեթոդով որոշված V_h և v_4 ծակոտկենությունների համեմատումը փոքր ε_{eq} համարժեքային դեֆորմացիաների հետ ցույց է տալիս բավականին բարձր աստիճանի համընկնում, ինչը պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսությունների յուրահատկություններից մեկն է:

Եզրակացություն.

1. Կատարվել է եռակալված պողպատյա միջուկով երկմետաղական շերտի զլոցման գործընթացի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտություն՝ համակարգչային ավտոմատացված ABAQUS ծրագրային միջավայրում մոդելավորմամբ և ճարտարագիտական համակցման վերլուծական մեթոդի կիրառմամբ օգտագործելով ԾՆՊՂՏ հավասարումները:

2. Ալյումինից և պողպատից կազմված երկմետաղական շերտի համակարգչային մոդելավորմամբ ստացված արդյունքներից կարելի է նշել 1-4 հպակային կետերի բացասական բավականին մեծ արժեքներով 388...541 ՄՊա հպակային ճնշումների բաշխվածության գնահատումը: Դրա համար նույն չափերով և դեֆորմացման աստիճանով շերտը մոդելավորվել է՝ ընդունելով, որ այն ամբողջապես պողպատյա է: Ցույց է տրվում, որ այդ դեպքում հպակային նորմալ ճնշման տվյալները նույնպես բացասական են ավելի մեծ արժեքներով՝ 472...629 ՄՊա, ինչը բացատրվում է նույն դեֆորմացիայի պայմաններում շերտի ամբողջությամբ պողպատյա նյութի ավելի ամուր լինելով:

3. Երկմետաղական շերտի համար σ_i Միզեսի լարման և ε_i դեֆորմացիաների ինտենսիվության բաշխվածության գոտիները և դրանցից վերցված տվյալները աջից ձախ ամբողջապես նկարագրում են շերտի դեֆորմացման գործընթացը:

4. Հպակային գոտում շերտի V_h ծակոտկենության անհավասարաչափ բաշխվածությունը ակնառու երևում է ամբողջությամբ ցուցադրված շերտից. դրա հպակային մասերը ավելի են խտանում, և ծակոտկենության արժեքները միջին մասի համեմատ բավականին փոքր են: Ընդ որում, ծակոտկենության V_h մեծությունները որոշվել են խոշորացված նկարի օգտագործմամբ:

Ճարտարագիտական համակցման վերլուծական մեթոդը կիրառելով՝ որոշվում են շերտի տարբեր կետերում նյութի v_4 - ծակոտկենության փոփոխված արժեքները՝ օգտագործվելով ABAQUS ծրագրային միջավայրում մոդելավորմամբ ստացված տվյալները և ԾՆՊՂՏ հավասարումները:

V_h և v_4 ծակոտկենությունների համեմատումը փոքր ε_{eq} համարժեքային դեֆորմացիաների դեպքում ցույց է տալիս դրանց բավականին բարձր աստիճանի համընկնում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Малинин Н.Н.** Прикладная теория пластичности и ползучести.-М.: Машиностроение, 1975.- 399 с.
2. **Պետրոսյան Գ., Լևոնյան Հ., Խաչատրյան Հ.** Հարթ շերտի զլոցման գործընթացի հետազոտումը դեֆորմացված շրջանագծային եզրի՝ շոշափողներով մոդելավորմամբ // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) ԼՐԱԲԵՐ-76. Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու. - Երևան: Ճարտարագետ, 2010.- Հատոր 2, մ.1- էջ 70-73:
3. **Петросян Г.Л.** Пластическое деформирование порошковых материалов.- М.: Металлургия, 1988.- 153 с.
4. **Петросян Г.Л., Петросян А.Г. Левонян Г.Л.** Усовершенствование инженерного метода использования формулы для определения пористости спеченных материалов // Материалы секции “Наука и технологии будущего” Международного конгресса, посвященного 160-летию со дня рождения выдающегося русского инженера В.Г. Шухова, 17-18 апреля 2014 года. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015.- С. 211-217.
5. **Պետրոսյան Գ., Խաչատրյան Հ., Լևոնյան Հ.** Հարթ նմուշի զլոցման գործընթացի ABAQUS ծրագրային միջավայրում մոդելավորման առանձնահատկությունները // ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) ԼՐԱԲԵՐ-76. Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու. - Երևան: Ճարտարագետ, 2009.- Հատոր 1, N1.- էջ 117-120:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.10.2020:

М.А. МАРГАРЯН, А.А. БАБАЯН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОЛОСЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ

Компьютерным моделированием и аналитическим методом исследован процесс прокатки биметаллической полосы со стальным спеченным центром и алюминиевыми боковыми частями при больших пластических деформациях.

При моделировании в автоматизированной программной среде получены данные компонентов напряженно-деформированного состояния. В четырех контактных с валкой точках полосы и в шести узлах при входе и выходе из зоны прокатки определены величины касательных, продольных, поперечных и средних напряжений, нормального контактного давления, эквивалентных напряжений и деформаций и величины текущей пористости. Составлены таблицы этих величин и построены графики изменения пористости материала. По данным моделирования в автоматизированной программной среде и с использованием уравнения деформационной теории пластичности пористых материалов в вышеназванных точках и узлах аналитическим методом определены величины пористости материала. Численные расчеты проведены в программной среде MS EXCEL при начальной 20% пористости внутренней части биметаллической полосы. Полученные данные были сравнены с данными компьютерного моделирования.

Ключевые слова: биметаллическая полоса, прокатка, спеченный материал, пористость, напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование, аналитический метод.

COMPUTER SIMULATION OF THE ROLLING PROCESS OF A BIMETALLIC STRIP IN AN AUTOMATED SOFTWARE ENVIRONMENT

The rolling process of a bimetallic strip with a sintered steel center and aluminum parts on the sides was studied by computer simulation and analytical method in case of large plastic deformations.

At modeling in the automated programming medium, data of components of the stress-strain state are obtained. At four points of contact of the strip with the roll and at six knots at the entrance and exit of the rolling zone, the values of tangential, longitudinal, transverse and average stresses, the normal contact pressure, the equivalent stresses and deformations, and the magnitude of the current porosity are determined. Tables of these values are made up, and graphs of magnitude of porosity of the material are plotted. Using the computer simulation data and the equation from the deformation theory of plasticity of porous materials, on the forenamed points and knots, the values of the porosity of the material were determined by the analytical method. Numerical calculations were performed in the MS EXCEL software environment with an initial 20% porosity of the inner part of the bimetallic strip. The obtained data were compared with the data of computer simulation.

Keywords: bimetallic strip, rolling, sintered material, porosity, stress-strain state, computer simulation, analytical method.